

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08116587 A**(43) Date of publication of application: **07.05.96**

(51) Int. Cl.

**H04R 5/033**  
**G06F 17/10**  
**H04S 1/00**  
**H04S 7/00**

(21) Application number: **06251950**(22) Date of filing: **18.10.94**(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH  
CORP <NTT>**

(72) Inventor: **KINOSHITA IKUICHIROU**  
**AOKI SHIGEAKI**  
**HAYASHI NOBUO**

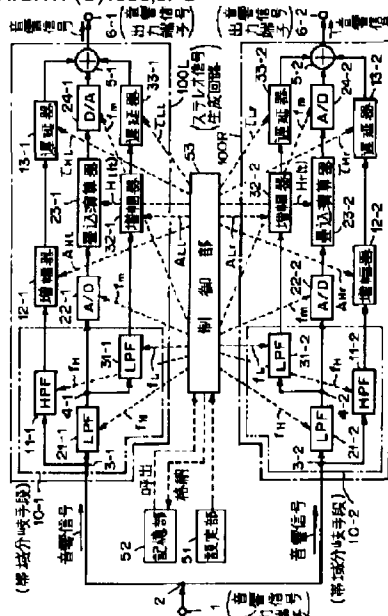
**(54) PROCESSING UNIT FOR LOCALIZATION OF  
SOUND IMAGE****(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To enable the control of sound image localization of a sound source signal wider than the transfer function in band by providing an adding device for a component subjected to convolutional operation and a delayed and level- adjusted component, or a transfer function composing section to widen the band of the transfer function.

**CONSTITUTION:** A/D converters 22-1, 22-2 apply A/D conversion to low frequency components  $W_2+W_3$  ( $W_3$  is a signal component with a low frequency not limited by a transfer function) branched by LPF<sub>s</sub> 21-1, 21-2 without changing a sampling frequency  $f_m$  of the transfer function. Then the digital signal is given to convolution computing elements 23-1, 23-2. The digital audio signals comprising digitized audio signals by the computing elements 23-1, 23-2 with transfer functions  $H_e(t)$ ,  $H_r(t)$  are converted into analog signals by D/A converters 24-1, 24-2 and the analog signals and the transfer functions  $H_e(t)$ ,  $H_r(t)$  of delay devices 13-1, 33-1 and 13-2, 33-2 are added by adders 5-1, 5-2, which

provide an output of a stereo signal.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-116587

(43)公開日 平成8年(1996)5月7日

(51)Int.Cl. <sup>9</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 R 5/033		Z		
G 0 6 F 17/10				
H 0 4 S 1/00		K		
		L		

G 0 6 F 15/ 31

A

審査請求 未請求 請求項の数3 OL (全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-251950

(22)出願日 平成6年(1994)10月18日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 木下 郁一郎

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 青木 茂明

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 林 伸夫

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 草野 卓

(54)【発明の名称】 音像定位処理装置

(57)【要約】

【目的】 頭部伝達関数が持つ帯域幅より広い帯域幅を持つ音響信号の音像を、頭部伝達関数が持たない周波数成分を欠落させずに定位させることができる音像定位処理装置を提供する。

【構成】 広帯域音源信号を帯域分割する帯域分岐手段と、頭部伝達関数において制限された周波数帯域の音源信号成分に頭部伝達関数を畳み込み演算する畳込演算手段と、頭部伝達関数において制限されていない周波数帯域の音源信号成分に遅延とレベルを調整する手段と、畳み込み演算された成分と遅延及びレベル調整された成分を加算する加算手段とを具備することによって、頭部伝達関数よりも高い標準化周波数又は周波数帯域の広い音源信号についても、頭部伝達関数の利用により音像定位制御を可能とした。

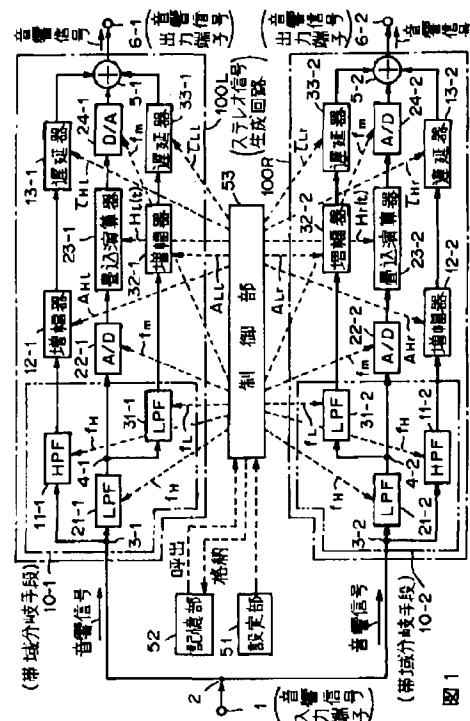


図 1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 音声や音楽等の音源信号に音波の空間伝達特性を模擬した信号処理を行なうことにより、仮想的な位置に音像を定位させることを可能とした音像定位処理装置において、

仮想的な音源から受聴者の両耳までの伝達関数を設定する設定手段と、音源信号を前記伝達関数において制限された周波数帯域成分と制限されない周波数帯域成分に分岐させる帯域分岐手段と、前記伝達関数において制限された周波数帯域の音源信号成分に前記伝達関数を畳み込む手段と、前記伝達関数において制限されない周波数帯域の音源信号成分について遅延及び利得を調整する手段と、前記の伝達関数が畳み込まれた音源信号成分と前記遅延及び利得が調整された音源信号成分を加算する手段とによって構成したことを特徴とする音像定位処理装置。

【請求項2】 前記伝達特性の設定手段において設定された伝達関数に基づき遅延及び利得を算出する手段と、前記遅延及び利得を算出する手段によって算出された遅延及び利得を用いて前記伝達関数において制限されない周波数帯域の音源信号成分について遅延及び利得を調整する手段とを付加した構成を特徴とする請求項1記載の音像定位処理装置。

【請求項3】 音声や音楽等の音源信号に音波の空間伝達特性を模擬した信号処理を行なうことにより、仮想的な位置に音像を定位させることを可能とした音像定位処理装置において、

仮想的な音源から受聴者の両耳までの伝達関数を設定する設定手段と、この設定手段に設定された伝達関数に基づき前記伝達関数において制限されない周波数帯域の音源信号成分を調整するための遅延及び利得を算出する手段と、前記遅延及び利得を算出する手段によって算出された遅延及び利得を用いて前記伝達関数において制限されない周波数帯域の伝達関数を新たに算出する伝達関数算出手段と、この伝達関数算出手段で算出した伝達関数と設定された伝達関数とを合成して設定された伝達関数より広帯域の伝達関数を得るための伝達関数合成部とによって構成したことを特徴とする音像定位処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、広い周波数帯域にわたって音に方向感又は距離感を付与しうる音像定位処理装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】人間は音を両耳で聴取することにより両耳間時間差や両耳間レベル差や周波数特性等を判断基準として音源の距離や方向を知覚している。つまり定位感を得ている。このことからヘッドホン等の音響再生装置によって両耳において音を再生する場合においても、所望の位置に音を定位させるような音響信号処理が可能で

ある。

【0003】従来から、音源と受聴者の左右各耳までの音響伝達特性を音響信号に畳み込み受聴することで音像を定位させることが提案されてきた。つまり、図6Aにおける音源と受聴者の左及び右までの間の音響伝達特性をそれぞれ $H_L$ 、 $H_R$ （以下、 $H_L$ と $H_R$ を合わせて伝達関数と称す）とし、図6Bのように音源信号Sに伝達関数 $H_L$ 、 $H_R$ をそれぞれ並列に畳み込み、ヘッドホン等を用いて左右両耳へ伝達関数 $H_L$ 、 $H_R$ が畳み込まれた音響信号 $H_L \cdot S$ 、 $H_R \cdot S$ による音を提示することによって、図6Aの両耳における音波の時間変動を再現する。図6Bにおいても受聴者は、図6Aにおける音源の位置に音像を知覚することができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、現状では測定系の制約から伝達関数の広帯域にわたる精密な測定が困難である。つまり、伝達関数を精密に測定できる周波数帯域が可聴周波数帯域よりも狭い帯域に制限される。広帯域の音源信号に狭帯域の伝達関数を畳み込んで受聴した場合、伝達関数において制限されない周波数帯域の音源信号の成分は伝達関数の畳み込み演算によって失われる。即ち、時間領域における畳み込み演算は周波数領域における乗算と等価であるため、畳み込み演算によって伝達関数において制限されていない周波数帯域の音源信号成分が失われて音質劣化や臨場感の喪失を招く結果となる。

【0005】この発明の目的は、狭い周波数帯域の伝達関数を用いて定位感を損なうことなく、より広い周波数帯域の音を仮想音像定位させることができる音像定位処理装置を提供することにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】この出願の請求項1記載の発明では、伝達関数よりも広い周波数帯域の音を仮想音像定位させる手段を提供するために、音源信号を伝達関数において制限された周波数帯域成分と、制限されない周波数帯域成分に分岐させる帯域分岐手段と、伝達関数において制限された周波数帯域の音源信号成分に伝達関数を畳み込む畳込演算手段と、伝達関数において制限されていない周波数帯域の音源信号成分について遅延及び利得を調整する手段と、伝達関数が畳み込まれた音源信号成分と遅延及び利得が調整された音源信号成分を加算する加算手段とによって音像定位処理装置を構成したものである。

【0007】この出願の請求項2に記載の発明では、請求項1記載の発明において規定した伝達関数において制限されていない周波数帯域の音源信号成分について遅延及び利得を調整するために、伝達関数設定手段によって設定された伝達関数に基づき遅延及び利得を算出する制御部と、この制御部において算出された遅延及び利得を用いて伝達関数において制限されていない帯域の音声信

号成分について遅延及び利得を調整する遅延及び利得調整手段を設けた構成を提案するものである。

【0008】この出願の請求項3に記載の発明では、伝達関数において制限されない周波数帯域の音源信号成分について求めた遅延及び利得を用いて、伝達関数において制限されない周波数帯域の伝達関数を算出する伝達関数演算手段を設け、この伝達関数演算手段で算出した伝達関数と設定された伝達関数とを合成し、設定された伝達関数より広帯域の伝達関数を求め、この広帯域の伝達関数を音源信号に畳み込む構成とした音像定位処理装置を提案するものである。

【0009】

【作用】この発明は、伝達関数が畳み込まれた音源信号と、伝達関数において制限されない周波数帯域の音源信号成分を加算して生じる音に対する人間の聴覚特性を利用している。即ち、人間の音像定位知覚では、個人差はあるが約1kHz以上の高域における音の周波数特性を用いて上下方向を、約1.5kHz以下の低域について主に両耳間時間差を、約1.5kHz以上の高域において主に両耳間レベル差を用いて左右方向を判断しており、これらを総合して音像位置を知覚している。

【0010】音源信号の周波数帯域が伝達関数よりも広い場合に、音源信号を伝達関数において制限された周波数帯域と制限されない周波数帯域の成分に分岐させ、伝達特性において制限される周波数帯域の音源信号成分に伝達関数を畳み込み、伝達関数において制限されない周波数帯域の音源信号成分については遅延及び利得を調整することによって両チャンネル間における時間差及び利得差を付与する。伝達関数が畳み込まれた音源信号成分と、遅延及び利得を調整した音源信号成分を加算し、加算された音声信号から再生した音を聴取することにより、又は広帯域化した伝達関数を求め、この伝達関数を音源信号に畳み込むことによって得られる音声信号から再生した音を聴取することにより、広帯域の音源信号に対する音像定位感を得ることができる。

【0011】

【実施例】図1にこの発明の一実施例を示す。この実施例では請求項1で提案する音像定位処理装置の実施例に加えて、請求項2で提案する音像定位処理装置の実施例を含む。入力端子1には音響信号（モノラル信号）が入力される。入力端子1に入力された音響信号は音響信号分岐点2で二つの信号に分岐され左右のステレオ信号を生成するためのステレオ信号生成回路100Lと100Rに入力される。

【0012】ステレオ信号生成回路100L、100Rにはそれぞれの前段側に帯域分岐手段10-1、10-2が設けられる。これらの帯域分岐手段10-1及び10-2によって後述する畳込演算器23-1、23-2で実施する畳込演算に使用する伝達関数において制限された周波数帯域成分と、伝達関数において制限されない

周波数帯域成分とに分岐する。

【0013】図の実施例では音響信号分岐点3-1及び3-2のそれぞれに高域通過フィルタ11-1と11-2及び低域通過フィルタ21-1、21-2を接続し、高域通過フィルタ11-1及び11-2から伝達関数において制限されない高域側の周波数成分 $W_1$ （図2）を取出すと共に、低域通過フィルタ21-1及び21-2からは伝達関数において制限される周波数成分 $W_2$ を含む低域成分 $W_2 + W_3$ を取出す。

【0014】低域通過フィルタ21-1及び21-2の出力側には更に音響信号分岐点4-1及び4-2が設けられる。この音響信号分岐点4-1及び4-2にアナログ/ディジタル変換器22-1及び22-2と、低域通過フィルタ31-1及び31-2を接続する。低域通過フィルタ31-1及び31-2は低域通過フィルタ21-1、21-2で分岐して取出した低域成分 $W_2 + W_3$ に含まれる伝達関数において制限されない更に低い周波数の信号成分 $W_3$ を取出す動作を行なう。

【0015】高域通過フィルタ11-1、11-2及び低域通過フィルタ31-1、31-2で取出した伝達関数において制限されない周波数成分 $W_1$ 、 $W_3$ の音響信号は増幅器12-1、12-2及び32-1、32-3で $A_{11}$ 、 $A_{12}$ 及び $A_{31}$ 、 $A_{32}$ 倍に増幅され、更に遅延器13-1、13-2及び33-1、33-2で遅延 $\tau_{11}$ 、 $\tau_{12}$ 及び $\tau_{31}$ 、 $\tau_{32}$ （msec）が付与されて加算器5-1、5-2に入力される。

【0016】アナログ/ディジタル変換器22-1、22-2では低域通過フィルタ21-1及び21-2で分岐した低域周波数成分 $W_2 + W_3$ を伝達関数の標準化周波数 $f$ にそのままアナログ/ディジタル変換し、そのディジタル信号を畳込演算器23-1、23-2に与える。畳込演算器23-1、23-2ではディジタル化された音響信号に伝達関数 $H_1(t)$ 及び $H_2(t)$ をそれぞれ畳み込む。伝達関数 $H_1(t)$ 及び $H_2(t)$ が畳み込まれたディジタル音響信号はディジタル/アナログ変換器24-1と24-2でアナログ信号に変換され、そのアナログ信号を加算器5-1、5-2に入力し、13-1、13-2及び33-1、33-2から出力された伝達関数 $H_1(t)$ 及び $H_2(t)$ において制限されない周波数成分の信号に加え合されて音響信号出力端子6-1及び6-2からステレオ信号として出力される。

【0017】以上の構成に加えて、この発明では更に設定部51、記憶部52、制御部53を設ける。設定部51には仮想的な音源位置、音源に対する受聴者の位置、受聴者の向き等を設定する。記憶部52において伝達関数 $H_1(t)$ 及び $H_2(t)$ を記憶する。制御部53は伝達関数 $H_1(t)$ と $H_2(t)$ 及びその他の変数を制御する。制御部53における処理の流れを図3を用いて説明する。

【0018】設定部51に設定された受聴者の位置及び

向きと音源位置に基づいて記憶部52に記憶した伝達関数 $H_l(t)$ 、 $H_r(t)$ を呼び出す。呼び出された伝達関数 $H_l(t)$ 、 $H_r(t)$ により、増幅器12-1、12-2及び32-1、32-2のそれぞれに設定する利得 $A_{Hl}$ 、 $A_{Hr}$ 、 $A_{Ll}$ 、 $A_{Lr}$ と、遅延器13-1、13-2及び33-1、33-2のそれぞれに設定する遅延 $\tau_{Hl}$ 、 $\tau_{Hr}$ 、 $\tau_{Ll}$ 、 $\tau_{Lr}$ を算出する。尚、利得 $A_{Hl}$ 、 $A_{Hr}$ …等及び遅延 $\tau_{Hl}$ 、 $\tau_{Hr}$ …等の各添字H、L、l、rはそれぞれHは高域側、Lは低域側、lは左チャンネル、rは右チャンネルを意味する。

【0019】また、伝達関数 $H_l(t)$ 、 $H_r(t)$ をそれぞれ畳み込み演算器23-1、23-2に転送し、利得 $A_{Hl}$ 、 $A_{Hr}$ をそれぞれ増幅器12-1、12-2に、利得 $A_{Ll}$ 、 $A_{Lr}$ をそれぞれ増幅器32-1、32-2に、遅延 $\tau_{Hl}$ 、 $\tau_{Hr}$ をそれぞれ遅延器13-1、13-2に、遅延 $\tau_{Ll}$ 、 $\tau_{Lr}$ をそれぞれ遅延器33-1、33-2に転送する。

【0020】転送された伝達関数、利得及び遅延はそれぞれの転送先における音響信号に対する畳み込み演算、増幅及び遅延のための変数として用いられる。また、伝達関数において制限された周波数帯域つまり伝達関数 $H_l(t)$ 、 $H_r(t)$ の上限遮断周波数 $f_H$ 及び下限遮断周波数 $f_L$ （図2参照）と伝達関数の標準化周波数 $f$ も扱われる。ここで、伝達関数の上限遮断周波数 $f_H$ は高域通過フィルタ11-1、11-2と低域通過フィルタ21-1、21-2のそれぞれ遮断周波数として与え、伝達関数の下限遮断周波数 $f_L$ は低域通過フィルタ31-1、31-2の遮断周波数として用いられる。畳込演算23-1、23-2における演算はデジタルで行われるため、伝達関数の標準化周波数 $f$ はアナログ/デジタル変換器22-1、22-2においてアナログ音響信号をデジタル音響信号に変換し、デジタル/アナログ変換器24-1、24-2においてデジタル音響信号をアナログ音響信号に変換するために必要である。そのため、上限遮断周波数 $f_H$ を高域通過フィルタ11-1、11-2へ、下限遮断周波数 $f_L$ は低域通過フィルタ31-1、31-2へ、標準化周波数 $f$ はアナログ/デジタル変換器22-1、22-2及びデジタル/アナログ変換器24-1、24-2へ転送する。ここで、上限遮断周波数 $f_H$ と下限遮断周波数 $f_L$ と標準化周波数 $f$ を記憶部52において伝達関数と一緒に格納しておき、伝達関数の呼び出しとともに参照し上記した各部へ転送する制御が制御部53で実行される。

【0021】制御部53において利得 $A_{Hl}$ 、 $A_{Hr}$ 、 $A_{Ll}$ 、 $A_{Lr}$ と遅延 $\tau_{Hl}$ 、 $\tau_{Hr}$ 、 $\tau_{Ll}$ 、 $\tau_{Lr}$ を算出する方法として次の各方法が挙げられる。

1) 利得 $A_{Hl}$ 、 $A_{Hr}$ 、 $A_{Ll}$ 、 $A_{Lr}$ を

$$A_{Hl} = |H_l(f_H)| \quad (1)$$

$$A_{Hr} = |H_r(f_H)| \quad (2)$$

$$A_{Ll} = |H_l(f_L)| \quad (3)$$

$$A_{Lr} = |H_r(f_L)| \quad (4)$$

のように定める。ここで、呼び出された左耳に対する伝達関数を $H_l(t)$ 、右耳に対する伝達関数を $H_r(t)$ 、左耳に対する伝達関数 $H_l(t)$ の周波数特性を $H_l(f)$ 、右耳に対する伝達関数 $H_r(t)$ の周波数特性を $H_r(f)$ とする。但し $t$ は時刻、 $f$ は周波数、 $|\dots|$ は絶対値を示す。そして、遅延 $\tau_{Hl}$ 、 $\tau_{Hr}$ 、 $\tau_{Ll}$ 、 $\tau_{Lr}$ に伝達関数の立ち上がり時刻を用いる。つまり、

$$\tau_{Hl} = T\{H_l(t)\} \quad (5)$$

$$\tau_{Hr} = T\{H_r(t)\} \quad (6)$$

$$\tau_{Ll} = T\{H_l(t)\} \quad (7)$$

$$\tau_{Lr} = T\{H_r(t)\} \quad (8)$$

とする。但し、 $H_l(t)$ 、 $H_r(t)$ は音源から左右両耳への伝達関数の時間表示、 $T\{\dots\}$ は立ち上がり時刻を示す。

【0022】2) 特に高域音響信号に対する利得 $A_{Hl}$ 、 $A_{Hr}$ を

$$A_{Hl} = \langle |H_l(f)| \rangle \quad (9)$$

$$A_{Hr} = \langle |H_r(f)| \rangle \quad (10)$$

と定める。但し、 $\langle \dots \rangle$ はある周波数 $f_c$  ( $< f_H$ ) から上限遮断周波数 $f_H$ までの平均値を表わす。この方法を採用する理由として、伝達関数の周波数特性の絶対値 $|H_l(f)|$ 、 $|H_r(f)|$ が一般に上限遮断周波数 $f_H$ 付近の高域において周波数によって著しく変化することが挙げられる。しかし、低域においては一般に伝達関数の周波数による変化は緩やかであるので、低域音響信号に対する利得 $A_{Ll}$ 、 $A_{Lr}$ は(3)、(4)式を用いて定められる。

【0023】3) さらに、左右両耳間時間差が低域成分に対する左右定位感に寄与することと、低域において両耳間時間差が高域よりも大きくなることを考慮して、遅延 $\tau_{Hl}$ 、 $\tau_{Hr}$ 、 $\tau_{Ll}$ 、 $\tau_{Lr}$ を

$$\tau_{Hl} = \theta_{Hl} / 2\pi f_H \quad (11)$$

$$\tau_{Hr} = \theta_{Hr} / 2\pi f_H \quad (12)$$

$$\tau_{Ll} = \theta_{Ll} / 2\pi f_L \quad (13)$$

$$\tau_{Lr} = \theta_{Lr} / 2\pi f_L \quad (14)$$

と定める方法もある。但し、 $\theta_{Hl}$ 、 $\theta_{Hr}$ は上限遮断周波数 $f_H$ における左右各耳への伝達関数の周波数特性 $H_l(f_H)$ 、 $H_r(f_H)$ の連続化位相(unwrapped phase)を表わす。同様に、 $\theta_{Ll}$ 、 $\theta_{Lr}$ は下限遮断周波数 $f_L$ における左右各耳への伝達関数の周波数特性 $H_l(f_L)$ 、 $H_r(f_L)$ の連続化位相を表わす。

【0024】4) 図4に数学モデルを利用して利得

$A_{Hl}$ 、 $A_{Hr}$ 、 $A_{Ll}$ 、 $A_{Lr}$ と遅延 $\tau_{Hl}$ 、 $\tau_{Hr}$ 、 $\tau_{Ll}$ 、 $\tau_{Lr}$ を算出する方法を示す。仮に人頭による音波の散乱が反射のない空間において点音源から発生した音波の剛体球による散乱に近似できると仮定したとき、仮想的な音源から左右両耳に対応する球表面上の観測点 $J_l$ 、 $J_r$ へ

の伝達関数 $H_l$ 、 $H_r$ は次式で表わされる。

【数1】

【0025】

$$H_l = -\frac{1}{4\pi r_0} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=m}^{\infty} (2 - \delta_{m0})(2n+1) \cdot \frac{(n-m)! P_n^m(\cos \theta_0) P_n^m(\cos \theta) h_n^{(2)}(kr')}{(n+m)! k r_0 h_n^{(2)'}(kr_0)} \cos m(\phi - \alpha) \quad (15)$$

$$H_r = -\frac{1}{4\pi r_0} \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=m}^{\infty} (2 - \delta_{m0})(2n+1) \cdot \frac{(n-m)! P_n^m(\cos \theta_0) P_n^m(\cos \theta) h_n^{(2)}(kr')}{(n+m)! k r_0 h_n^{(2)'}(kr_0)} \cos m(\phi + \alpha) \quad (16)$$

ここで、 $h_n^{(2)}(r)$ は球Bessel関数、 $P_n^m(\cos \theta)$ はLegendre陪関数、 $h_n^{(2)'}(kr_0) = \partial h_n^{(2)}(x) / \partial x_{x=kr_0}$ 、 $k$ は音波の波数、 $r'$ は音源と球の中心との距離、 $r_0$ は球の半径、 $\phi$ は音源方向と球の正面方向のなす方位角（観測点 $J_l$ 、 $J_r$ に対して音源方向が左の場合に正值）、 $\theta$ は球の頂点方向と観測点 $J_l$ 、 $J_r$ のなす見込み角、 $\theta_0$ は球の頂点と音源方向のなす見込み角である。球の半径 $r_0$ として、人間の頭幅を適用する例が考えられる。また、 $\alpha$ は球の正面方向と観測点 $J_l$ 、 $J_r$ のなす方位角であり、特に左右の観測点 $J_l$ 、 $J_r$ が水平面上に互いに反対の方位角にあると仮定するとき、 $\theta = \pi/2$ 、 $\alpha = \pi/2$ となる。そして、(15)、(16)式で求められた伝達関数 $H_l$ 、 $H_r$ を例えば (1)、(2)、(3)、(4)式に適用することによって利得 $A_{Hl}$ 、 $A_{Hr}$ 、 $A_{Ll}$ 、 $A_{Lr}$ が、(11)、(12)、(13)、(14)式に適用することによって遅延 $\tau_{Hl}$ 、 $\tau_{Hr}$ 、 $\tau_{Ll}$ 、 $\tau_{Lr}$ が算出される。

【0026】なお、遮断周波数等と同様に、上述した(1)～(4)のうち何れかの方法で求められた利得 $A_{Hl}$ 、 $A_{Hr}$ 、 $A_{Ll}$ 、 $A_{Lr}$ と遅延 $\tau_{Hl}$ 、 $\tau_{Hr}$ 、 $\tau_{Ll}$ 、 $\tau_{Lr}$ を予め計算した上で、伝達関数と一緒に記憶部52に格納しておき、上記の各部に転送する処理の手順も考えられる。上述した実施例は、アナログ信号を入力し、アナログ信号を出力する音像定位処理装置を示したが、実施例の音源信号入力端子1と音響信号分岐点2の間にデジタル／アナログ変換器を、加算器5-1、5-2と音響信号出力端子6-1、6-2の間にアナログ／デジタル変換器をそれぞれ接続することによってデジタル入力及びデジタル出力型の音像定位処理装置を構成することができる。

【0027】更に、デジタル入力及びデジタル出力型の音像定位処理装置を構成した他の実施例として、前記した入力側及び出力側に挿入したデジタル／アナロ

グ変換器とアナログ／デジタル変換器及びアナログ／デジタル変換器22-1、22-2とデジタル／アナログ変換器24-1、24-2が不要になり、アナログ／デジタル変換器22-1、22-2において音源信号の標準化周波数を伝達関数の標準化周波数 $f_s$ に変換する標準化周波数変換器及びデジタル／アナログ変換器24-1、24-2において標準化周波数 $f_s$ を、音源信号の標準化周波数に変換する標準化周波数変換器を備える構成が考えられる。

【0028】更に上記した実施例に加えて、広帯域化した伝達関数を求めることにより音源信号（即ち分岐点2の左右出力）を分岐して帯域分割しなくとも単に畳み込み演算器23-1、23-2において広帯域化した伝達関数を畳み込んだだけでも、伝達関数が畳み込まれた成分と遅延及び利得を調整された成分を加算したものと同等な音響信号（即ち加算器5-1、5-2の出力）を得ることができる。

【0029】つまり、アナログ音響信号を処理する場合図5に示すように上記した遅延 $\tau_{Hl}$ 、 $\tau_{Hr}$ 、 $\tau_{Ll}$ 、 $\tau_{Lr}$ 及び利得 $A_{Hl}$ 、 $A_{Hr}$ 、 $A_{Ll}$ 、 $A_{Lr}$ に基づいて、設定された伝達関数により制限されない周波数領域の伝達関数を求める伝達関数演算手段41-1、41-2と、この伝達関数演算手段41-1、41-2で算出した伝達関数と測定によって求めた伝達関数とを合成する伝達関数合成部42-1、42-2を設け、この伝達関数合成部42-1、42-2で得られる広帯域化した伝達関数を畳み込み演算器23-1、23-2でデジタルの音響信号に畳み込むことにより広帯域の音像定位を可能とする。この構成によって、アナログ音源信号を処理するための構成としては図5に示すように音源信号入力端子1、音響信号分岐点2、アナログ／デジタル変換器22-1、22-2、畳み込み演算器23-1、23-2、デジタル／アナログ変換器24-1、24-2だけが必要になる。

【0030】ディジタル音源信号を処理する場合には、前記した構成から更にアナログ／ディジタル変換器22-1、22-2及びディジタル／アナログ変換器24-1、24-2が不要になり、簡素な音響信号処理系を実現することができる。但し、広帯域化した伝達関数と音源信号の標準化周波数を等しくする必要がある。伝達関数合成部42-1、42-2において、広帯域化した伝達関数を合成するために次の方法5)、6)が挙げられる。

$$H_l(f) = A_{Hl} \exp(2\pi i f \tau_{Hl}) \quad (f > f_H) \quad (17)$$

$$H_r(f) = A_{Hr} \exp(2\pi i f \tau_{Hr}) \quad (f > f_H) \quad (18)$$

同様に、下限遮断周波数 $f_L$ 以下の周波数 $f$ において周波数領域で表示される左右の伝達関数 $H_l(f)$ 、 $H_r(f)$ を次式のように定める。

$$H_l(f) = A_{Ll} \exp(2\pi i f \tau_{Ll}) \quad (f < f_L) \quad (19)$$

$$H_r(f) = A_{Lr} \exp(2\pi i f \tau_{Lr}) \quad (f < f_L) \quad (20)$$

(17)、(18)、(19)、(20)式で求められた伝達関数と設定された伝達関数を合わせて、即ち全帯域の周波数領域で表示される伝達関数を逆フーリエ変換することによって、畳み込みに必要な時間領域で表示される伝達関数 $H_l(t)$ 、 $H_r(t)$ に合成される。

【0033】6)前記方法5)と異なり、利得が周波数によって変化することを仮定して左右の伝達関数の周波数特性 $H_l(f)$ 、 $H_r(f)$ を、それぞれ数学モデル(15)、(16)式によって求める。但し、左右の伝達関数の周波数特性 $H_l(f)$ 、 $H_r(f)$ は上限遮断周波数 $f_H$ において(17)、(18)式を満足するように、数学モデルの変数となる球の半径 $r$ 、及び音像と球の中心との距離 $r'$ を補正する必要がある。補正された半径 $r_{Hl}$ 、 $r_{Hr}$ をそれぞれ球の半径として、補正された距離 $r'_{Hl}$ 、 $r'_{Hr}$ をそれぞれ音像と球の中心との距離として用いて上限遮断周波数 $f_H$ 以上の周波数 $f$ における左右の伝達関数 $H_l(f)$ 、 $H_r(f)$ (周波数領域表示)を計算する。下限遮断周波数 $f_L$ においても同様に、(19)、(20)式を満足するように、数学モデルの変数となる球の半径 $r$ 、及び音像と球の中心との距離 $r'$ を補正する。補正された球の半径 $r_{Ll}$ 、 $r_{Lr}$ 及び補正された音像と球の中心との距離 $r'_{Ll}$ 、 $r'_{Lr}$ を用いて下限遮断周波数 $f_L$ 以下の周波数 $f$ における左右の伝達関数 $H_l(f)$ 、 $H_r(f)$ (周波数領域表示)を計算する。以下は5)と同様にして時間領域で表示された伝達関数 $H_l(t)$ 、 $H_r(t)$ を全帯域の周波数領域で表示された伝達関数を逆フーリエ変換することにより合成する。

#### 【0034】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば音源信号を帯域分割する手段と、伝達関数において制限された帯域の音源信号成分に伝達関数を畳み込み演算する手段と、伝達関数において制限されていない帯域の音源信号成分に遅延とレベルを調整する手段と、畳み込み演算された成分と遅延及びレベル調整された成分を加算する手段或は伝達関数を広帯域化するための伝達関数合

【0031】5)上記の1)～4)のうちいずれかの方法で得られた利得 $A_{Hl}$ 、 $A_{Hr}$ 、 $A_{Ll}$ 、 $A_{Lr}$ と遅延 $\tau_{Hl}$ 、 $\tau_{Hr}$ 、 $\tau_{Ll}$ 、 $\tau_{Lr}$ より、上限遮断周波数 $f_H$ 以上及び下限遮断周波数 $f_L$ 以下の周波数 $f$ において利得が周波数 $f$ によって変化しないと仮定する。つまり、周波数領域で表示される左右の伝達関数 $H_l(f)$ 、 $H_r(f)$ を次式によって定める。

#### 【0032】

成部を設けることによって、伝達関数よりも高い標準化周波数又は帯域が広い音源信号についても、伝達関数の利用により音像定位制御を可能とした音像定位処理装置を提供することができる。

#### 20 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例を示すブロック図。

【図2】この発明の実施例の動作を説明するためのグラフ。

【図3】この発明の実施例の動作手順の一部を説明するための流れ図。

【図4】この発明による音像定位処理装置に用いる処理方法の一例を説明するための図。

【図5】この発明の変形実施例を示すブロック図。

【図6】従来の技術を説明するための図。

#### 30 【符号の説明】

- 1 音響信号入力端子
- 2 音響信号分岐点
- 3-1、3-2 音響信号分岐点
- 4-1、4-2 音響信号分岐点
- 5-1、5-2 加算器
- 6-1、6-2 音響信号出力端子
- 10-1、10-2 帯域分岐手段
- 11-1、11-2 音域通過フィルタ
- 12-1、12-2 増幅器
- 13-1、13-2 遅延器
- 21-1、21-2 低域通過フィルタ
- 22-1、22-2 アナログ／ディジタル変換器
- 23-1、23-2 畳込演算器
- 24-1、24-2 デジタル／アナログ変換器
- 31-1、31-2 低域通過フィルタ
- 32-1、32-2 増幅器
- 33-1、33-2 遅延器
- 41-1、41-2 伝達関数演算手段
- 42-1、42-2 伝達関数合成部
- 51 設定部

【図1】

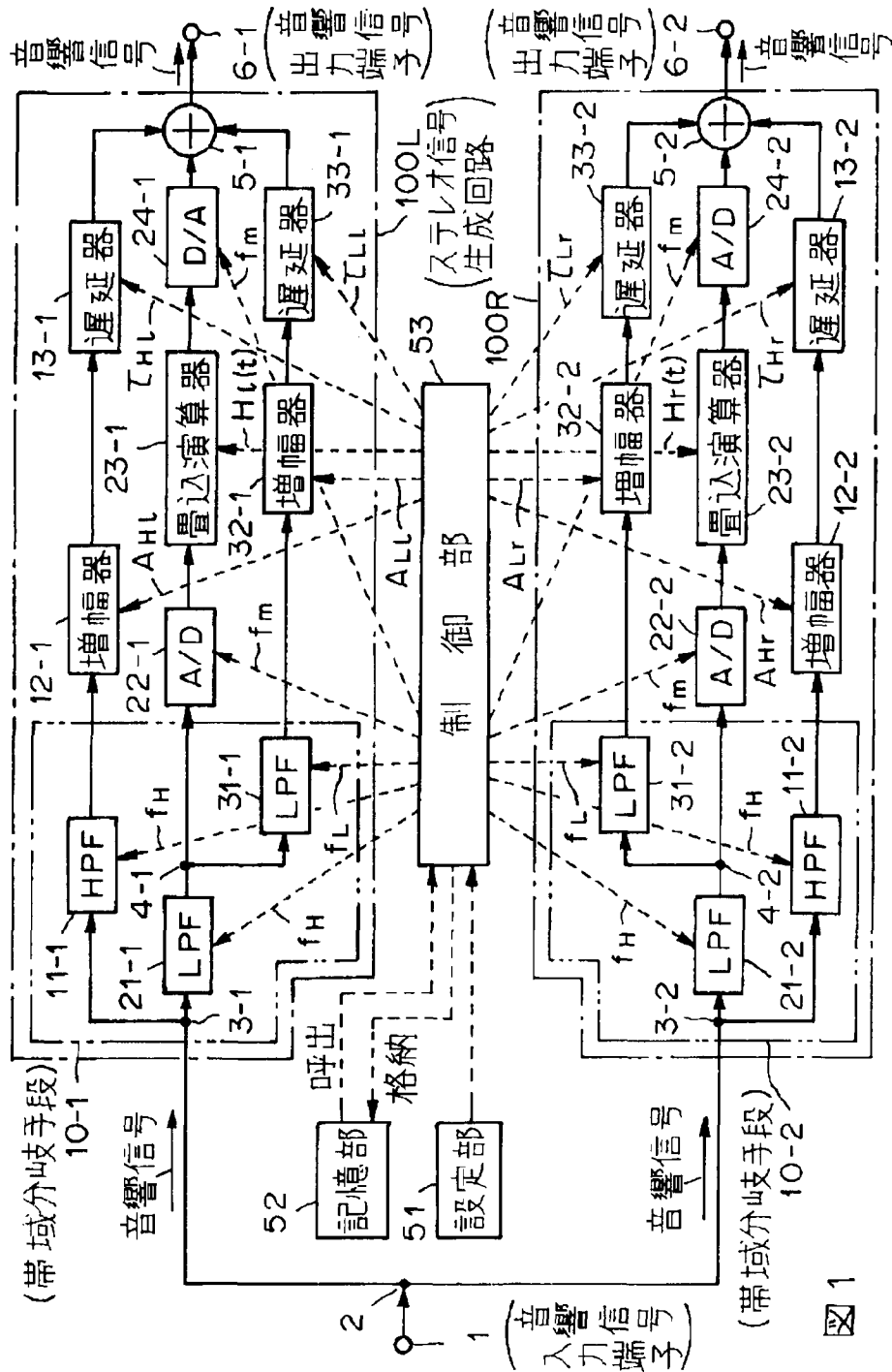
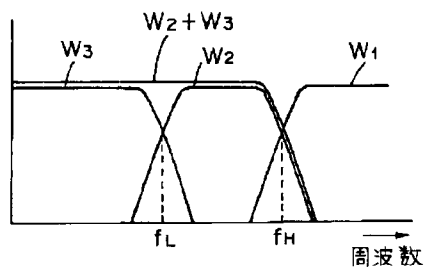


図1



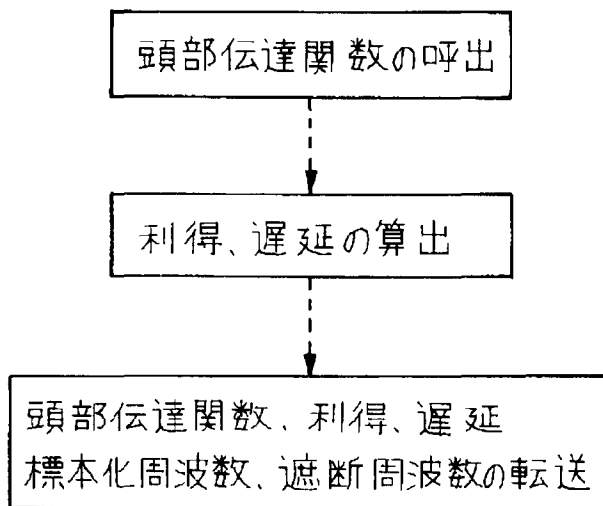
【図 2】

図 2



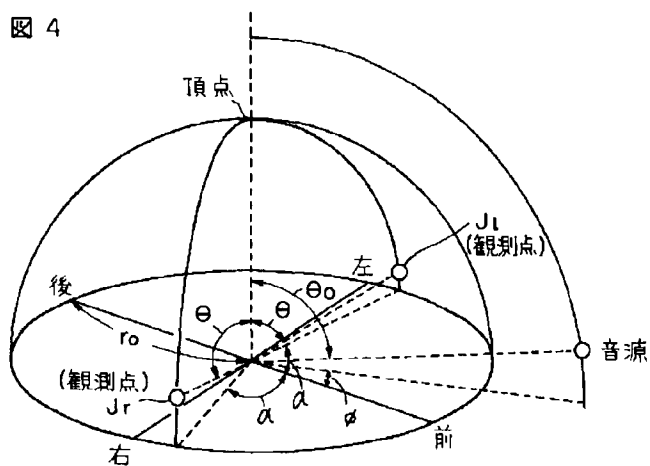
【図 3】

図 3

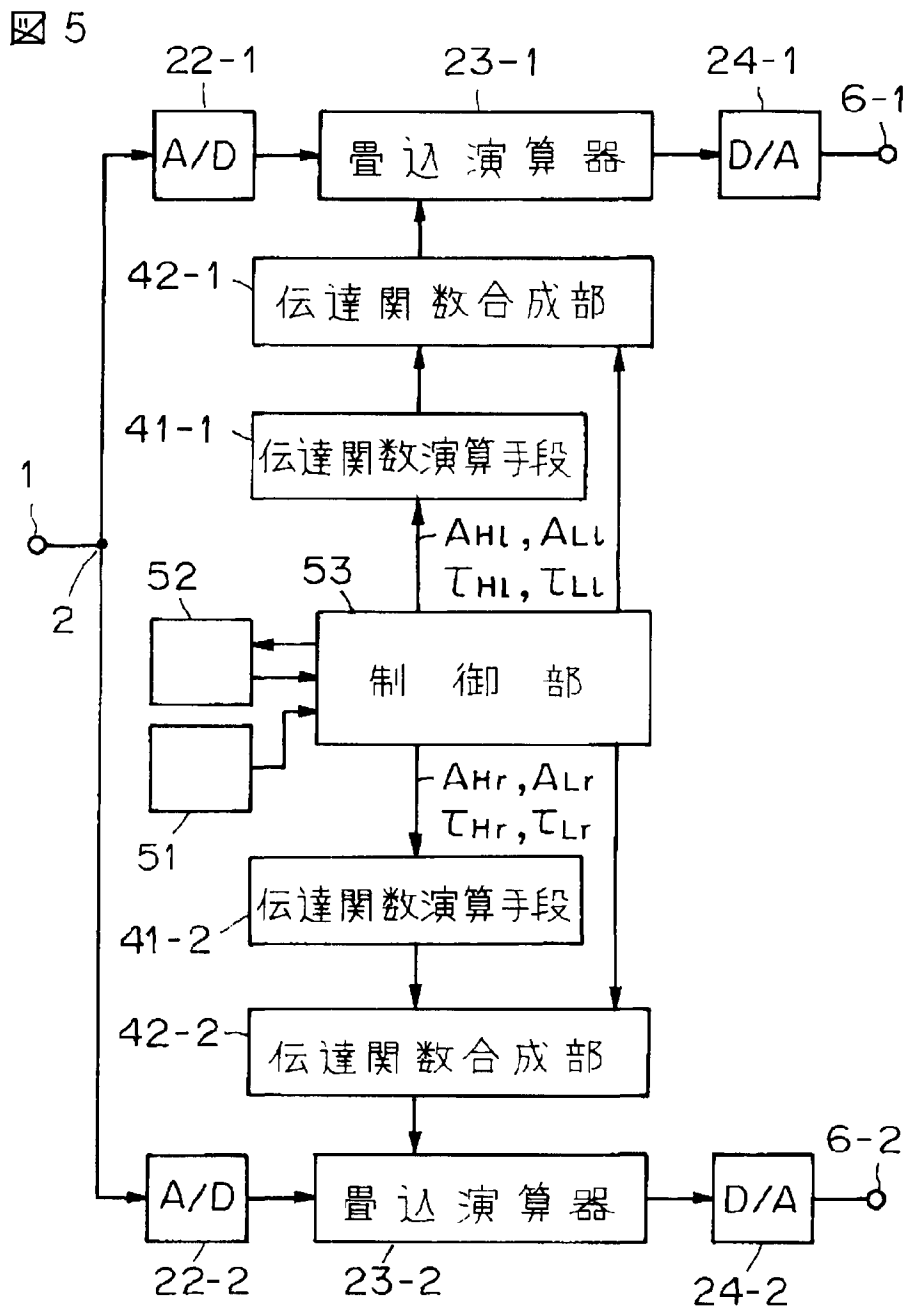


【図 4】

図 4

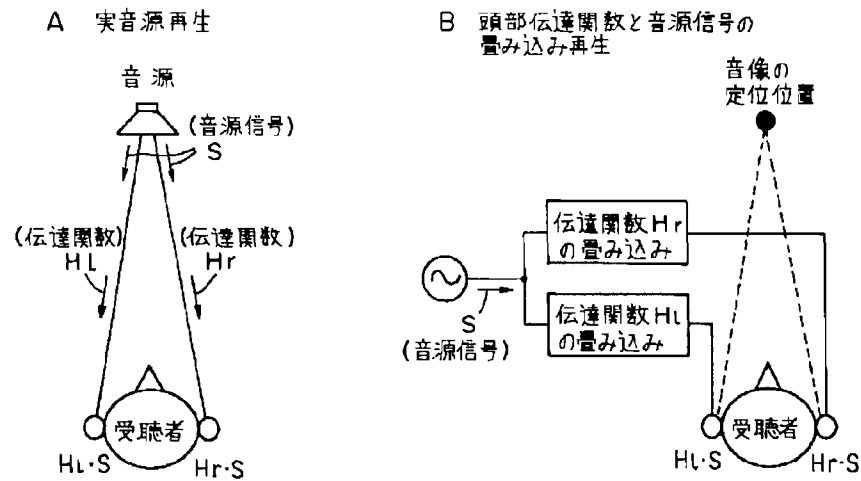


【図5】



【図 6】

図 6



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

H 0 4 S 7/00

識別記号

庁内整理番号

F

F I

技術表示箇所